

アルミ合金を用いた高圧水素製造に適した基礎パラメータ及び宇宙機システムへの適用

著者	東野 和幸, 杉岡 正敏, 近藤 光輝
雑誌名	室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書
巻	2012
ページ	49-51
発行年	2013-07
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008809

アルミ合金を用いた高圧水素製造に適した基礎パラメータ及び宇宙機システムへの適用

東野 和幸（航空宇宙機システム研究センター 教授）

杉岡 正敏（航空宇宙機システム研究センター 特任教授）

○ 近藤 光輝（航空宇宙システム工学専攻 M2）

1. 緒言

Al/水反応を宇宙機推進システムに適応すると Al/水反応はヒドラジンと比べ無毒であるため、クリーンな推進剤として使用できる。また、Al/水反応の場合は機体内で水素を適宜製造できるため長期ミッションにおいても水素を利用することが可能である。

Al-Sn-Bi 系合金は水との接触のみで水素を製造することが可能であり、これまでの Al を用いる水素製造に必要な攪拌装置が不要である。

本研究では水素製造システムの要求を満たす Al-Sn-Bi 系合金を使用した水素製造実験を行った。さらに Al-Sn-Bi 合金を用いた Al/水反応のシステム概念を提案し、ヒドラジンを使用している現存の衛星との質量比較を行った。

2. 実験

実験にはステンレス製高圧反応容器(以下オートクレーブとする)を用い、高圧水素圧は圧力計にて圧力を読み取った。耐熱温度は 300℃までであり、最高使用圧力は 20MPaG までである。

3. 実験結果と考察

3-1 高圧水素製造実験

図 1 に Al-40%Sn-10%Bi 合金による高圧水素製造の結果を示す。また、Al-100%の実験結果も比較対象として図 1 に示した。

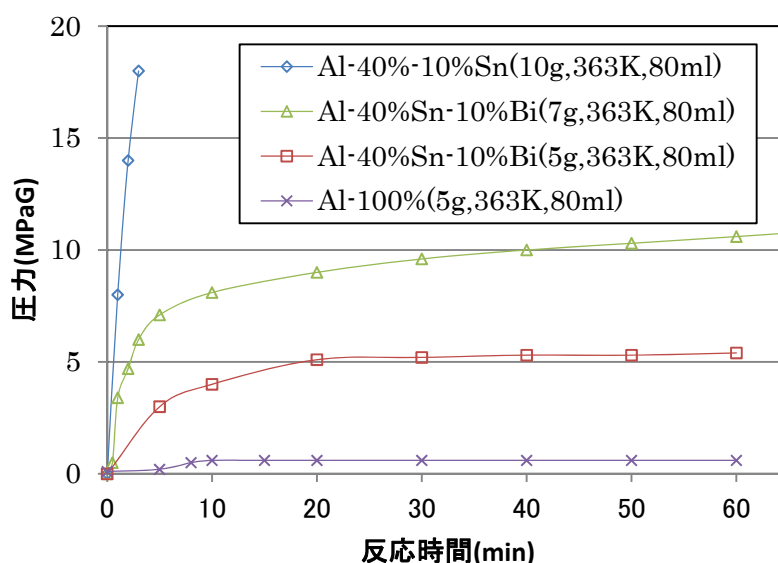


図 1 圧力の経時変化

Al-100%:5g の場合では圧力は 0.6MPaG までしか上昇しなかったが、Al-40%Sn-10%Bi:5g を用いた場合は 5.6MPaG まで上昇した。Al40%-Sn-10%Bi:7g では開始 10 分ほどで約 8MPaG、30 分ほどで約 9MPaG まで圧力は上昇し、最終的には約 12MPaG まで上昇した。また Al-40%Sn-10%Bi:10g を用いた場合、圧力は実験開始 3 分間で 18MPaG まで上昇したが、オートクレーブの最高使用圧力は 20MPaG であるためこの時点で実験を終了した。

よって Al-40%Sn-10%Bi:10g では一般的な高圧水素ポンプ(15MPaG)以上の圧力を得られることがわかった。また、3 分間で高圧水素を製造できたことより、Al-40%Sn-10%Bi は Al/水反応での課題である即応性や水素製造効率を大幅に改善できる可能性がある。

4.システム検討

4-1Al/水反応を用いたシステム概念

図2に本実験からのシステム概念図を示す。すなわち、Al-40%Sn-10%Bi と水の反応から製造した水素を酸化剤の液体酸素で燃焼させて推力を得る方法である。水素を燃焼させることにより比推力が増加し、推進剤質量を減少できると考えられる。

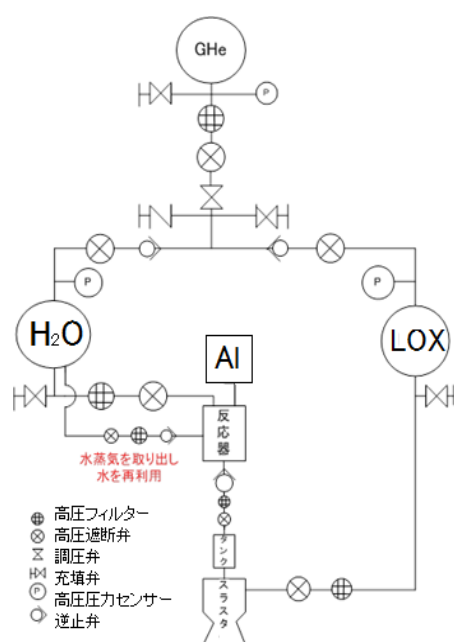


図2 システム概念図

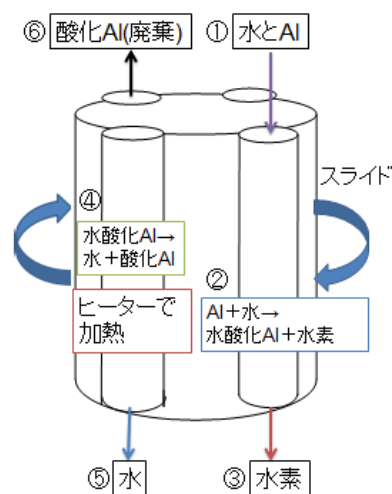


図3 反応容器概念図

図3に反応容器の概念図を示す。反応容器自体をスライドさせ、各反応器内で各々の反応を進行させる。最初の過程では水とAl 合金から水素を取り出し、次の過程では水酸化Alをヒーターで加熱し水と酸化Alを取り出す。

この方法を用いることにより、取り扱いが難しい水酸化Alを有効的に処理することができ、さらに取り出した水は循環することが可能であるため更なる質量低減が可能であると考えられる。なお、貯蔵する水が凍結するのを防ぐため、水の貯蔵タンクおよび Al-40%Sn-10%Bi と水の反応の最適温度を保つために反応器にもヒーターを設置する。

4-2 既存の衛星との重量比較

Al-40%Sn-10%B_i を用いる Al/水システムとあかつきの推進系質量を比較した結果、あかつきの方が有利となった結果となった。これは使用している Al 合金の質量の半分が添加金属であり、この添加金属の質量が負担となっていることが原因である。そのため使用する合金を Al-40%Sn-10%B_i 合金から Al-20%Sn-10%B_i 合金に変更し、さらに質量を減らすことを考えた。なお、Al-20%Sn-10%B_i 合金は高圧水素製造能力も十分持っていることをすでに確認している。

Al-20%Sn-10%B_i 合金を用いた場合の推進剤質量を表 1 に示す。Al-20%Sn-10%B_i 合金を用いることにより Al 合金質量が 80 kg 以上削減できることがわかる。また、これによりあかつきの質量にも大幅に近づけることが可能となった。

表1 各サイクルでの比較

名称	Al/水 (Al-40Sn-10Bi)	Al/水 (Al-20Sn-10Bi)	あかつき
燃料	水素ガス	水素ガス	ヒドラジン
酸化剤	LOX	LOX	四酸化窒素
比推力 (s)	450	450	310
燃焼圧 (MPaA)	0.69	0.69	0.69
膨張比	150	150	150
H ₂ (kg)	16.08	16.08	
LOX (kg)	112.55	112.55	
Al 合金 (kg)	289.41	206.72	
H ₂ O (kg)	12.06	12.06	
N ₂ H ₄			103.73
NTO			82.99
推進剤合計 (kg)	414.02	331.33	186.72
衛星質量 (WET) (kg)	727.3	644.61	500

5. 結言

本研究では Al/水反応を宇宙機推進システムに適応させるため、Al-Sn-Bi 系合金を用いて高圧水素製造実験を行った。また、Al-Sn-Bi 合金を用いた Al/水反応のシステム概念を提案し、ヒドラジンを使用している既存の衛星との比較を行った。今後は Al 合金における添加金属の更なる削減や新たな添加金属の探索などを行う。